

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Uraian Umum

Perencanaan bangunan merupakan suatu usaha untuk menyusun dan mengorganisasikan suatu proyek konstruksi baik berupa perhitungan-perhitungan maupun tulisan-tulisan sehingga bangunan yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan dan tetap memperhatikan standar ekonomis, aman, kuat, dan nyaman.

Pada saat merencanakan suatu bangunan, hal yang sangat penting dan harus diperhatikan yaitu konstruksi dan struktur dari bangunan tersebut. Konstruksi suatu bangunan adalah suatu kesatuan dari rangkaian beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban dari luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan.

Cara atau metode konstruksi tidak terlepas dari penggunaan teknologi sebagai pendukung dan mempercepat proses pembuatan suatu bangunan, agar kegiatan pembangunan dapat berjalan sebagaimana mestinya sesuai dengan yang diharapkan dan lebih ekonomis dalam biaya pemakaian bahan.

Pada tahap perencanaan struktur gedung SMK Terpadu Takwa Belitang ini, perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui susunan fungsional gedung dengan sistem struktural yang akan digunakan, disamping itu juga diharapkan mampu menyelesaikan suatu tahap pengerjaan struktur yang efektif dan efisien.

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tata cara dan langkah-langkah perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi rangka atap, plat atap, plat lantai, balok, kolom, tangga sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri dari sloof, pondasi, dan pile cap. Studi pustaka bertujuan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat. Oleh karena itu, dalam bab ini pula akan dibahas mengenai konsep pemilihan sistem struktur dan konsep perencanaan struktur bangunannya.

2.2. Tahapan Perencanaan (*Design*) Konstruksi

Perencanaan sebuah konstruksi merupakan sebuah sistem yang sebaiknya dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun tahapan-tahapan yang dimaksud adalah:

1. Tahap Pra-perencanaan (*Preliminary Design*)

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu membantu arsitek memilih komponen-komponen struktur penting, baik dimensi maupun posisinya.

2. Tahap Perencanaan

Pada tahapan ini meliputi :

a. Perencanaan bentuk arsitektur bangunan

Dalam perencanaan arsitektur bangunan ini, seorang perencana belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya. Dalam perencanaan arsitektur ini perencana merealisasikan keinginan-keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkannya.

b. Perencanaan struktur (konstruksi) bangunan

Dalam perencanaan struktur ini, perencana mulai menghitung komponen-komponen struktur berdasarkan dari bentuk arsitektural yang telah didapat. Perencana mulai mendimensi serta menyesuaikan komponen-komponen struktur tersebut agar memenuhi syarat-syarat konstruksi yang aman, kuat dan nyaman untuk ditempati namun masih berdasarkan prinsip-prinsip yang ekonomis.

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami batas persyaratan. Ada dua struktur pendukung bangunan, yaitu :

1. Struktur bangunan atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaannya. Untuk itu, bahan bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a. Tahan api
- b. Kuat
- c. Mudah diperoleh, dalam arti tidak memerlukan biaya mobilisasi
Bahan yang demikian tinggi
- d. Awet untuk jangka pemakaian yang lama
- e. Ekonomis dengan perawatan yang relatif mudah

Dari kriteria-kriteria tersebut, maka sebagai komposisi struktur utama dari bangunan kantor dan ruang kelas SMK Terpadu Takwa Belitang ini menggunakan struktur beton bertulang.

Adapun perhitungan perencanaan untuk struktur atas bangunan tersebut adalah :

- Perhitungan atap
- Perhitungan pelat
- Perhitungan tangga
- Perhitungan portal
- Perhitungan balok
- Perhitungan Kolom

2. Struktur bangunan bawah (*Sub Structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah di bawahnya. Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah (*Sub Structure*) ini meliputi:

- a. Perhitungan sloof
- b. Perhitungan pondasi

2.3. Dasar-dasar Perencanaan

Dalam perencanaan bangunan, penulis berpedoman peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan-peraturan yang dijadikan pedoman tersebut antara lain :

- a. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (PPURG,1987).

- b. Tata cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung, (SNI 03–2847–2002). Oleh Badan Standardisasi Nasional.
- c. Tata cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, (SNI 03-1729-2002). Oleh Badan Standardisasi Nasional.
- d. Dasar-dasar Perencanaan Struktur Beton Bertulang, (SNI T15-1991-03) oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma.
- e. Dasar-dasar Perencanaan Struktur Beton Bertulang, (SK SNI T-15-1991-03) oleh Istimawan Dipohusodo.

2.4 Perencanaan Struktur

2.4.1 Perencanaan Rangka Atap

Rangka atap atau konstruksi kuda-kuda adalah suatu bagian dari struktur gedung yang berfungsi sebagai tempat meletakkan penutup atap sehingga dalam perencanaan, pembebanan tergantung dari jenis penutup atap yang diinginkan.

a. Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada rangka atap adalah :

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban dari semua bagian atap yang tidak bergerak, beban tersebut adalah :

- Beban sendiri kuda-kuda
- Beban penutup atap
- Beban gording
- Beban plafond dan penggantung

2. Beban Hidup

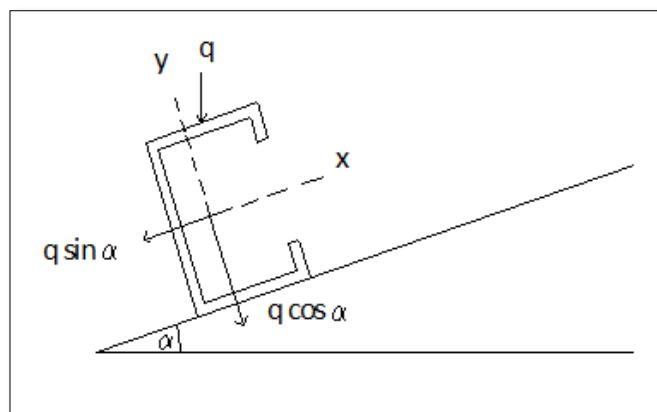
Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan maupun akibat penggunaan gedung itu sendiri, termasuk di dalamnya adalah :

- Beban pekerja
- Beban air hujan
- Beban angin

b. Gording

Gording adalah balok atap sebagai pengikat yang menghubungkan antar kuda-kuda. Gording juga menjadiudukan untuk kasau dan balok jurai dalam. Struktur gording direncanakan kekuatannya berdasarkan pembebanan beban mati dan beban hidup. Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah beban pada saat pemakaian yaitu beban mati ditambah beban air hujan, sedangkan beban sementara yaitu beban-beban mati ditambah beban pekerja pada saat pelaksanaan.

Apabila gording ditempatkan dibawah penutup atap, maka komponen beban atap dipindahkan tegak lurus ke gording, maka terjadi pembebanan sumbu ganda terjadi momen pada sumbu x dan y adalah M_x dan M_y .



Gambar 2.1 Gording Kanal

dimana :

$$q_{uy} = q_u \cdot \cos 25^\circ$$

$$q_{ux} = q_u \cdot \sin 25^\circ$$

Perencanaan Gording menggunakan metode berikut :

1. Metode elastis

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu x harus memenuhi $M_{ux} \leq \phi M_n$

Keterangan :

M_{ux} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x

ϕ = faktor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang terhadap sumbu x

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu y harus memenuhi $M_{uy} \leq \phi M_n$

Keterangan :

M_{uy} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu y

ϕ = faktor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang terhadap sumbu y

2. Metode plastis

Suatu komponen struktur yang dibebani momen lentur harus memenuhi, $M_u \leq \phi M_n$.

Momen nominal untuk penampang kompak yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$, kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p$

Untuk penampang tak kompak yang memenuhi $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang ditentukan sebagai berikut :

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk penampang langsing yang memenuhi $\lambda_r < \lambda$, kuat lentur nominal penampang adalah (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 34–40) :

$$M_n = M_r \left(\frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

Setelah semua momen dihitung maksimum, maka diperiksa kekuatan penampang berdasarkan kombinasi pembebanan berdasarkan pembebanan yang terjadi dengan menggunakan rumus (Tata cara

perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 76) :

$$\left[\frac{cmx.Mux}{\phi.Mnx} \right]^{\eta} + \left[\frac{cmy.Muy}{\phi.Mny} \right]^{\eta} \leq 1 \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

Mux = Momen Ultimate arah x

Ø = faktor reduksi = 0,9

Muy = Momen Ultimate arah y

Mnx dan Mny = Momen nominal arah x dan arah y

cmx = cmy diambil = 1

Komponen struktur berpenampang I

Untuk $bf/d < 0,3$: $\eta = 1,0$ (2.4)

Untuk $0,3 \leq bf/d \leq 1,0$: $\eta = 0,4 + \frac{Nu}{Ny} + \frac{bf}{d} \geq 1,0$(2.5)

Kontrol lendutan yang terjadi akibat beban mati dan kombinasi antar beban adalah :

$$\lambda_x = \frac{5.Q.l^4}{348.EI} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\lambda_x = \frac{5.Q.l^4}{348.EI} \dots\dots\dots(2.7)$$

Sehingga : $\lambda = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_y^2}$ (2.8)

Maka kontrol lendutan aman apabila : $\lambda_{Total} \leq \frac{1}{240} \times L$ (2.9)

Untuk beban pekerja, kontrol lendutan harus mempertimbangkan beban pekerja (Px dan Py), sehingga harus dikontrol dengan persamaan :

$$\lambda = \frac{1}{48} \left(\frac{P.L^3}{EI} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

Sehingga : $\lambda = \lambda \text{ beban mati} + \lambda \text{ beban pekerja}$ (2.11)

$$\text{Kontrol lendutan aman apabila : } \lambda_{Total} \leq \frac{1}{240} \dots\dots\dots (2.12)$$

c. Kuda-kuda

Kuda-kuda diperhitungkan terhadap pembebanan :

1. Beban mati

- a. Beban kuda-kuda
- b. Beban gording
- c. Beban penutup atap

Beban diatas kemudian dikombinasikan yang menjadi beban mati.

2. Beban hidup

- a. Beban air hujan
- b. Beban angin dari sebelah kiri
- c. Beban angin dari sebelah kanan

Pada masing-masing beban diatas (1 dan 2) kemudian dapat dicari gaya-gaya batangnya.

3. Beban Kombinasi

Berdasarkan beban-beban tersebut diatas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan dibawah ini :

$$1,4D \dots\dots\dots (2.13)$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \dots\dots\dots (2.14)$$

$$1,2D + 1,6(L_a \text{ atau } H) + (\gamma LL \text{ atau } 0,8 W) \dots\dots\dots (2.15)$$

$$1,2D \pm 1,3W + \gamma LL + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \dots\dots\dots (2.16)$$

$$1,2D \pm 1,0E + \gamma LL \dots\dots\dots (2.17)$$

$$0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E) \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.

- L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung termasukkejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain-lain.
- La adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- H adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
- W adalah beban angin
- E adalah beban gempa

Dengan,

$$\gamma L = 0,5 \text{ bila } L < 5 \text{ kPa, dan } \gamma L = 1 \text{ bila } L \geq 5 \text{ kPa.}$$

Kekecualian : Faktor beban untuk L didalam kombinasi pembebanan pada persamaan 6.2-3, 6.2-4, dan 6.2-5 harus sama dengan 1,0 garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah dimana beban hidup lebih besar daripada 5 kPa.

d. Kontrol Dimensi Batang Kuda-kuda

Batang kuda-kuda, baik batang tarik maupun batang tekan harus dikontrol terhadap kombinasi gaya-gaya yang terjadi. Gaya batang yang terjadi tidak boleh melebihi kuat tarik atau tekan izin dari batang tersebut.

- 1) Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 9.1 (2002:55), komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor (N_u) harus memenuhi :

$$N_u \leq \phi N_n$$

Dimana :

ϕ adalah faktor reduksi kekuatan = 0,9

N_n adalah kuat tekan nominal komponen struktur yang ditentukan pada pasal 7.6.2 :

$$N_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \dots\dots\dots (2.19)$$

Faktor tekuk (λ_c) ditentukan dengan :

- untuk $\lambda_c \leq 0,25$, maka $\omega = 1$
- untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$, maka $\omega = 1,43 / (1,6 - 0,7 \lambda_c)$
- untuk $\lambda_c \geq 1,2$, maka $\omega = 1,25 \lambda_c^2$

Parameter kelangsingan (λ_c) ditentukan dengan :

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{L_k}{r} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

Panjang tekuk (L_k) ditentukan dengan :

$$L_k = L \cdot K_c \dots\dots\dots (2.20)$$

Nilai K_c adalah:

- a) 0,5 jika kedua ujung komponen terjepit.
- b) 0,7 jika satu ujung komponen terjepit dan ujung lainnya sendi.
- c) 1,0 jika kedua ujung komponen berupa sendi.
- d) 2,0 jika salah satu komponen terjepit dan ujung lainnya bebas.

2) Untuk komponen struktur tarik, nilai $L_k/r < 200$

Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 10.1 (2002:70), komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial terfaktor (N_u) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

$$N_u < N_n$$

$$\phi = 0,9$$

$$N_n = A_g \cdot f_y \dots\dots\dots (2.21)$$

dan :

$$\phi = 0,75$$

$$N_n = A_e \cdot f_u \dots\dots\dots (2.22)$$

Ketentuan penampang efektif menurut SNI-03-1729-2002 pasal 10.2 (2002:70)

$$A_e = A_U$$

Dimana :

$$A = A_{nt} = A_g - n \cdot d \cdot t \dots\dots\dots (2.23)$$

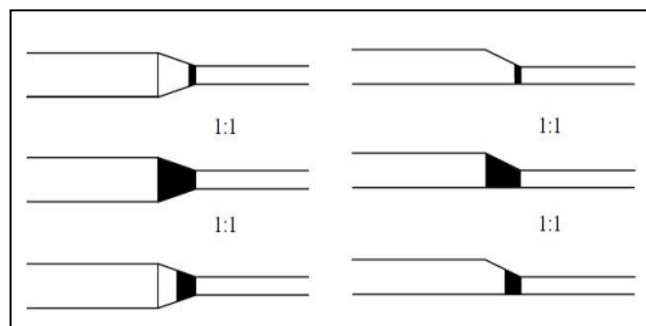
- U = faktor reduksi = $1 - (\underline{x}/L) \leq 0,9$
 L = panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak terjauh antara dua baut dalam sambungan
 \underline{X} = eksentrisitas, jarak antara titik berat bidang sambungan dengan titik berat penampang profil
 n = banyaknya lubang pada potongan penampang
 d = diameter lubang (mm)
 t = tebal penampang (mm)

e. Sambungan

Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las).

Dalam perencanaan sambungan ini penulis memilih sambungan menggunakan las. Adapun jenis-jenis las yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Las Tumpul



Gambar 2.2. Las Tumpul

Kekuatan las tumpul (penetrasi penuh) ditetapkan sebagai berikut :

- a. Bila sambungan dibebani gaya tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif, maka :

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot f_y \text{ (bahan dasar)} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot f_{yw} \text{ (las)} \dots\dots\dots(2.25)$$

- b. Bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif, maka :

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot (0,6 \cdot f_y) \text{ (bahan dasar)} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,8 \cdot t_t \cdot (0,6 \cdot f_{yw}) \text{ (las)} \dots\dots\dots(2.27)$$

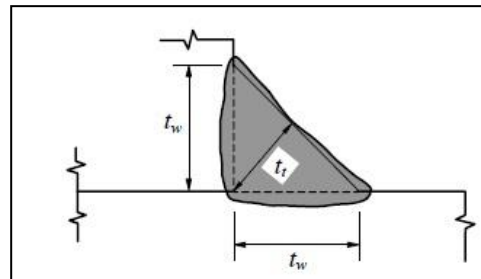
Keterangan :

$\phi_y = 0,9$ adalah faktor reduksi kekuatan saat leleh,

f_y, f_u adalah tegangan leleh dan tegangan tarik putus.

(Sumber : SNI 03-1729-2002 : 106)

2. Las Sudut



Gambar 2.3. Las Sudut

- a. Ukuran minimum las sudut :

Tabel 2.1 Ukuran Minimum Las Sudut

Tebal bagian paling tebal, t (mm)	Tebal minimum las sudut, t_w (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

(Sumber : SNI 03-1729-2002 hal. 108)

b. Kuat las sudut

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las, R_u , harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw} \dots\dots\dots(2.28)$$

dengan,

$$\phi_f \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot tt \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \quad (\text{las}) \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\phi_f \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot tt \cdot (0,6 \cdot f_u) \quad (\text{bahan dasar}) \dots\dots\dots(2.30)$$

dengan $\phi_f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan.

Keterangan:

f_{uw} adalah tegangan tarik putus logam las, MPa

f_u adalah tegangan tarik putus bahan dasar, MPa

tt adalah tebal rencana las, mm

(Sumber : SNI 03-1729-2002 : 110)

2.4.2 Perencanaan pelat

Pelat adalah suatu lantai beton yang sistem pendukungnya (berupa balok) berada disisi kiri dan kanannya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton bertulang dalam suatu struktur bangunan dipakai pada lantai dan atap. Pada pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya, terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu :

1. Pelat dua arah (*Two Way Slab*)
2. Pelat satu arah (*One Way Slab*)

Syarat-syarat dalam perencanaan pelat beton sebagai berikut :

- a. Tebal minimum untuk pelat satu arah (SNI-03-2847-2002)

Tebal minimum untuk pelat satu arah ditentukan (dapat dilihat dalam Tabel 2.2)

Tabel 2.2 Tebal minimum balok non pra tekan atau pelat satu arah lendutan tidak dihitung.

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Dua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

(Sumber: SNI-03-2847-2002)

Catatan :

Panjang bentang dalam mm

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur

dengan beton normal ($w_c = 2400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasi sebagai berikut :

- Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09 dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m^3 .
- Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$. (SNI-03-2847-2002;63)

- b. Untuk pelat dua arah yaitu dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :

- Untuk $\alpha m < 2,0$ yaitu 120mm
 - Untuk $\alpha m > 2,0$ yaitu 90mm
- c. Spasi tulangan (SK SNI-03-2847-2002)
- 1) Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25 mm.
 - 2) Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25 mm.
 - 3) Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $1,5db$ ataupun 40 mm 40 dari 278.
 - 4) Pembatasan jarak bersih antar batang tulangan ini juga berlaku untuk jarak bersih antara suatu sambungan lewatan dengan sambungan lewatan lainnya atau dengan batang tulangan yang berdekatan.
 - 5) Pada dinding dan pelat lantai yang bukan berupa konstruksi pelat rusuk, tulangan lentur utama harus berjarak tidak lebih dari tiga kali tebal dinding atau pelat lantai, ataupun 500 mm.
 - 6) Bundel tulangan:
 - Kumpulan dari tulangan sejajar yang diikat dalam satu bundel sehingga bekerja dalam satu kesatuan tidak boleh terdiri lebih dari empat tulangan per bundel.
 - Bundel tulangan harus dilingkupi oleh sengkang atau sengkang pengikat.
 - Pada balok, tulangan yang lebih besar dari D-36 tidak boleh dibundel.
 - Masing-masing batang tulangan yang terdapat dalam satu bundel tulangan yang berakhir dalam bentang komponen struktur lentur harus diakhiri pada titik-titik yang berlainan, paling sedikit dengan jarak $40 db$ secara berselang.

- Jika pembatasan jarak dan selimut beton minimum didasarkan pada diameter tulangan d_b , maka satu unit bundel tulangan harus diperhitungkan sebagai tulangan tunggal dengan diameter yang didapat dari luas ekuivalen penampang gabungan.
- d. Selimut beton pada tulangan harus memenuhi ketentuan dan standar (SNI-03-2847-2002)

Tabel 2.3 Tebal selimut beton minimum untuk beton bertulang

	Tebal selimut beton minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang D-19 atau D-56.....	50
Batang D-16 atau jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 yang lebih kecil.....	40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton yang tidak langsung berhubungan dengan tanah : <u>Pelat, Dinding, Pelat rusuk</u> Batang D-44 dan D-56.....	40
Batang D-36 dan batang yang lebih kecil.....	20
<u>Balok, Kolom</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral.....	40
<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat :</u> Batang D-19 yang lebih besar.....	20
Batang D-16, jarring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil.....	15

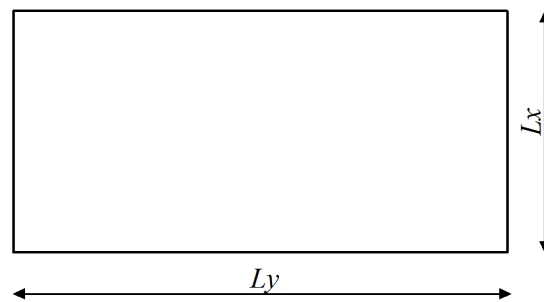
(Sumber: SNI-03-2847-2002, 41)

1. Pelat satu arah (*One way slab*)

Pelat satu arah yaitu suatu pelat yang memiliki panjang lebih besar atau lebih lebar yang bertumpu menerus melalui balok-balok. Maka hampir semua beban lantai dipikul oleh balok-balok yang sejajar.

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$, dimana L_y dan

L_x adalah panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2.4 Tinjauan arah L_y dan L_x

Dalam perencanaan struktur pelat satu arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Menentukan tebal pelat
- Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u).

$$W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L \dots\dots\dots(2.31)$$

W_D = Jumlah beban mati (kg/m)

W_L = Jumlah beban hidup (kg/m)

- Menghitung momen rencana (M_u) baik dengan cara tabel atau analisis.

- Perkiraan tinggi efektif (d_{eff})

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D \quad (1 \text{ lapis})$$

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D - \text{jarak tulangan minimum} - \frac{1}{2} D \quad (2 \text{ lapis})$$

- Menghitung K_{perlu}

$$k = \frac{M_u}{\emptyset b \cdot d_{eff}^2} \dots\dots\dots(2.32)$$

k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (N/mm)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor kuat rencana (0,8)

f. Menentukan rasio penulangan (ρ) tabel (*Istimawan : 462 dst.*)

g. Hitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff} \dots\dots\dots(2.33)$$

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

h. Tulangan susut/pembagi

$A_s = 0,0020.b.h$ (untuk $f_y = 400 \text{ MPa}$)

$A_s = 0,0018.b.h$ (untuk $f_y = 240 \text{ MPa}$)

b = lebar satuan pelat

h = tebal pelat

(*Istimawan : 47*)

2. Pelat dua arah (*Two way slab*)

Berikut adalah langkah-langkah dalam perhitungan pelat dua arah :

a. Mendimensi balok

Tebal minimum tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya, harus memenuhi ketentuan dari tabel 2.4

Tabel 2.4 Tebal Minimum dari Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh f_y^a (Mpa)	Tanpa penebalan ^b			Dengan penebalan ^b		
	Panel Luar		Panel dalam	Panel Luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ^b		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ^b	
300	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
400	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36
500	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36

(Sumber : SNI-03-2847-2002;66)

b. Menentukan tebal pelat

1) Untuk $\alpha_m \leq 0,2$

Pelat tanpa penebalan, tebal pelat minimum 120 mm.

Pelat dengan penebalan, tebal pelat minimum 100 mm.

2) Untuk $0,2 < \alpha_m \leq 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \dots\dots\dots(2.34)$$

dan tidak boleh < 120 mm (SNI 03-2847-2002;66)

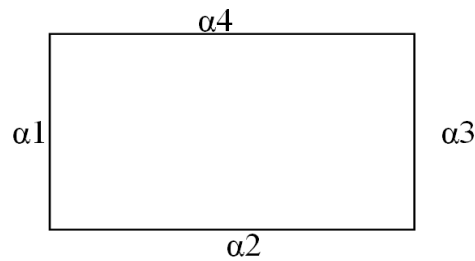
3) Untuk $\alpha_m > 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36\beta + 9\beta} \dots\dots\dots(2.35)$$

dan tidak boleh < 90 mm (SNI 03-2847-2002;66)

c. Mencari nilai α_m dari masing-masing panel untuk mengecekApakah pemakaian h_{coba} telah memenuhi persyaratan.



Gambar 2.5 Panel pelat yang ditinjau

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \frac{I_{x-x} \text{ balok}}{I_{x-x} \text{ pelat}}$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \dots\dots\dots(2.36)$$

Untuk $\alpha_m < 2,0$ tebal pelat minimum adalah 120 mm

Untuk $\alpha_m > 2,0$ tebal pelat minimum adalah 90 mm

- d. Cek nilai h_{aktual} dari hasil nilai α_m yang telah didapat

$$h = \frac{\ln \left[0,8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \dots\dots\dots(2.37)$$

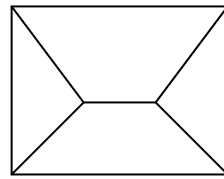
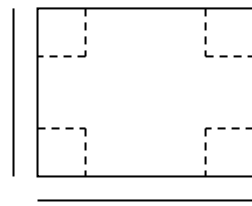
Nilai h boleh dipakai apabila lebih besar dari h_{aktual} . Apabila dalam perhitungan nilai h_{beton} lebih kecil, maka nilai tebal pelat yang dicoba direncanakan ulang (diperbesar) dan perhitungannya diulangi kembali.

- e. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup). Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \dots\dots\dots(2.38)$$

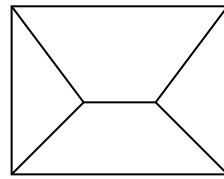
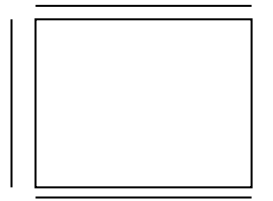
- f. Mencari momen

Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y , dengan cara penyaluran “metode amplop” (Gideon Kusuma, 1996).



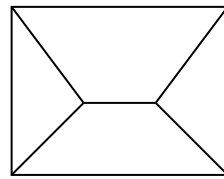
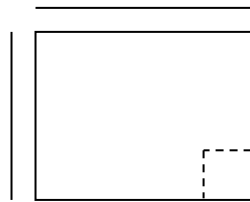
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx} \\ M_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly} \end{aligned}$$

Gambar 2.6 Mencari momen arah x dan y cara 1



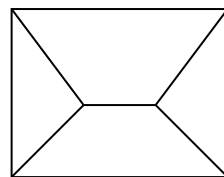
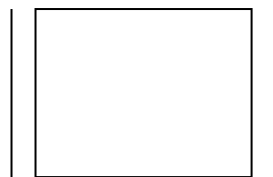
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \end{aligned}$$

Gambar 2.7 Mencari momen arah x dan y cara 2



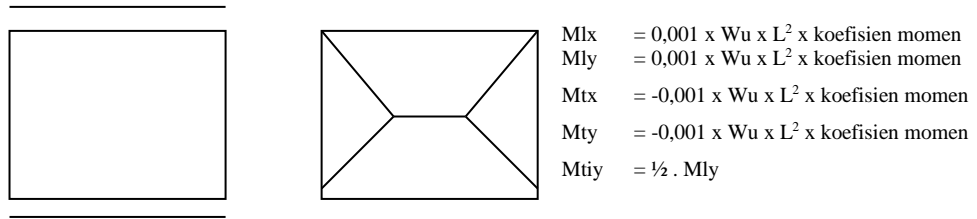
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx} \\ M_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly} \end{aligned}$$

Gambar 2.8 Mencari momen arah x dan y cara 3

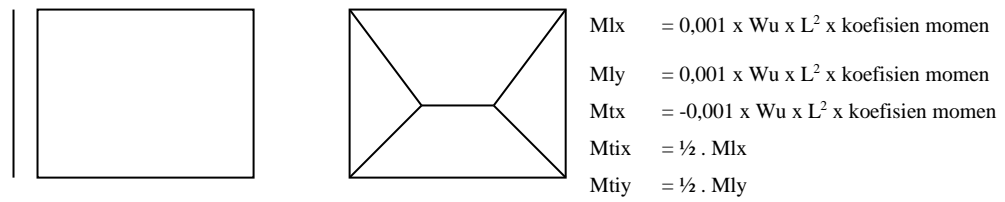


$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx} \end{aligned}$$

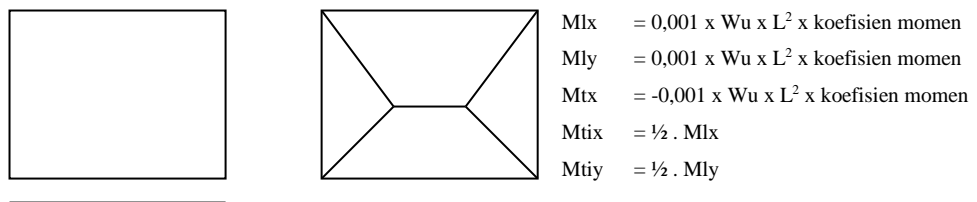
Gambar 2.9 Mencari momen arah x dan y cara 4



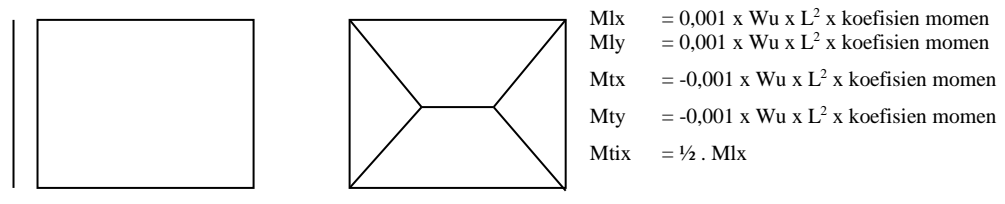
Gambar 2.10 Mencari momen arah x dan y cara 5



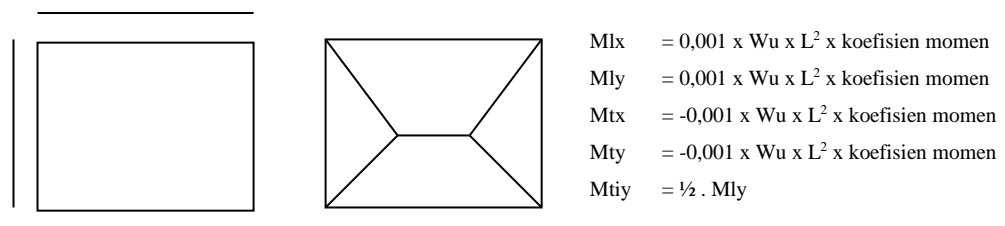
Gambar 2.11 Mencari momen arah x dan y cara 6



Gambar 2.12 Mencari momen arah x dan y cara 7



Gambar 2.13 Mencari momen arah x dan y cara 8



Gambar 2.14 Mencari momen arah x dan y cara 9

- g. Mencari tebal efektif pelat (SK SNI-03-2847-2002)

Rasio tulangan dalam beton (ρ) dan memperkirakan besarnya diameter tulangan utama dan untuk menentukan tinggi efektif arah x (d_x) adalah

$$D_x = h - p - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah x} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$D_y = h - p - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah y} - \phi_x \dots\dots\dots (2.40)$$

- h. Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi $\Theta = 0,80$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} \dots\dots\dots (2.41)$$

- i. Mencari rasio penulangan (ρ)

Rasio penulangan ini didapat berdasarkan koefisien tahanan (k) yang telah didapat sebelumnya. Dengan menggunakan tabel A-11 (Dipohusodo I, Struktur Beton Bertulang, Penerbit Gramedia Pustaka Utama hal 446)

- j. Mencari luas tulangan (A_s)

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.42)$$

- k. Mencari jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \phi^2} \dots\dots\dots (2.43)$$

- l. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000 \text{ mm}}{n} \dots\dots\dots (2.44)$$

- m. Mamasang tulangan

Untuk arah y sama dengan langkah-langkah pada arah x, hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah y (d_y) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah x $\rightarrow d_y = h - p - \phi_{\text{arah x}} - \phi_{\text{arah y}}$

2.4.3 Perencanaan tangga

Tangga adalah suatu kontruksi yang menghubungkan antara tempat yang satu dan tempat lainnya yang mempunyai ketinggian berbeda,

dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu bata, baja, dan beton. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga. Anak tangga terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. *Antrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang tempat pijakan kaki.
2. *Optrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan.

Syarat-syarat umum tangga :

1. Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki
2. Tangga harus cukup kuat dan kaku
3. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
4. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran
5. Letak tangga harus strategis
6. Sudut kemiringan tidak lebih dari 45°

Syarat-syarat khusus tangga :

1. Untuk bangunan rumah tinggal
 - a. *Antrade* = 25 cm (minimum)
 - b. *Optrade* = 20 cm (maksimum)
 - c. Lebar tangga = 80-100 cm
2. Untuk perkantoran dan lain-lain
 - a. *Antrade* = 25 cm (minimum)
 - b. *Optrade* = 17 cm (maksimum)
 - c. Lebar tangga = 120-200 cm
3. Syarat langkah

$$2 \text{ optrade} + 1 \text{ antrade} = 57 - 65 \text{ cm}$$
4. Sudut kemiringan

$$\text{Maksimum} = 45^\circ$$

minimum $= 25^\circ$

Tabel 2.5 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No	Digunakan untuk	Lebar efektif (cm)	Lebar total (cm)
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	± 120
3	1 orang + bagasi	± 85	± 105
4	2 orang	120 - 130	140 – 150
5	3 orang	180 – 190	200 – 210
6	> 3 orang	> 190	> 210

(sumber : *Ilmu Bangunan Gedung B*; 1993)

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila merasa lelah.

Untuk menentukan panjang bordes (L) :

$$L = \ell n + 1,5 a \text{ s/d } 2 \text{ (Drs.IK.Sapribadi. 1993. Ilmu Bangunan Gedung; 18)}$$

Dimana :

L = Panjang bordes

ℓn = Ukuran satu langkah normal datar (57 cm – 65 cm)

a = Antrede (17,5 cm – 20 cm)

Langkah-langkah perencanaan tangga :

1. Perencanaan tangga

a. Penentuan ukuran antrede dan optrede

$$\text{Tinggi optrede sebenarnya} = \frac{h}{\text{Jumlah Optrede}}$$

$$\text{Antrede} = L_n - 2 \text{ Optrede}$$

$$\text{b. Penentuan jumlah antrede dan optrede} = \frac{h}{\text{Tinggi Optrede}}$$

c. Panjang tangga = jumlah optrede x lebar antrede

$$\text{d. Sudut kemiringan tangga, Arc tan } \Theta = \frac{\text{Optrede}}{\text{Antrede}}$$

$$\text{e. Penentuan tebal pelat tangga, } h_{\min} = \frac{1}{28} l$$

2. Penentuan pembebanan pada anak tangga

a. Beban mati

- Berat sendiri bordes
- Berat sendiri anak tangga
- Berat 1 anak tangga (Q) per m'

$$Q = \left(\frac{\text{AntredexOptrede}}{2} \right) \left(\frac{\text{jmlh.anak.tangga}}{\text{pjpg.btg.tangga}} \right) \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \cos \alpha \dots \dots \dots (2.45)$$

- Berat spesi dan ubin

b. Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 300 kg/cm².

3. Perhitungan tangga dengan metode *cross* untuk mencari gaya-gaya yang bekerja

a. Kekakuan

$$K = \frac{4EI}{L} \dots \dots \dots (2.46)$$

b. Faktor distribusi

$$M = \frac{K}{\Sigma K} \dots \dots \dots (2.47)$$

c. Momen primer

$$M_{AB} = \frac{1}{12} \times W_u \times L^2 \dots \dots \dots (2.48)$$

(Metode Distribusi Momen/Metode Cross hal 10, Diktat Kuliah Mekanika Rekayasa Polsri)

4. Perhitungan tulangan tangga

- Perhitungan momen yang bekerja
- Penentuan tulangan yang diperlukan
- Menentukan jarak tulangan
- Kontrol tulangan

2.4.4 Perencanaan portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang paling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap. Sebelum merencanakan portal terlebih dahulu kita harus mendimensi portal.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut :

1. Pendimensian balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 03-2847-2002;63 adalah untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $l/16$, untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum $l/18,5$, untuk balok dengan kedua ujung menerus memiliki tebal minimum $l/21$, untuk balok kantilever $l/8$.

2. Pendimensian kolom

3. Analisa pembebanan

4. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kita mengenal metode perhitungan dengan metode cross, takabeya, ataupun metode dengan menggunakan bantuan computer yaitu menggunakan program SAP 2000 14. Berikut adalah cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan :

1. Perencanaan portal dengan menggunakan SAP 2000 14

- a. Perencanaan portal akibat beban mati

Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut :

- Beban pelat
- Beban balok
- Beban penutup lantai dan adukan
- Berat balok
- Berat pasangan dinding (jika ada)
- Beban plesteran dinding

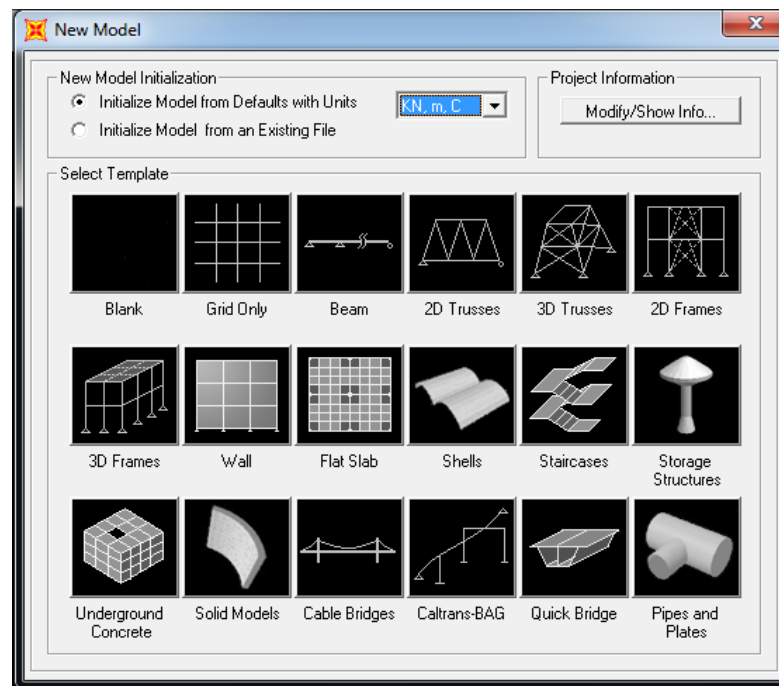
b. Perencanaan portal akibat beban hidup

Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Menentukan pembebanan pada portal
 - Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati
2. Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000 14 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

a. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

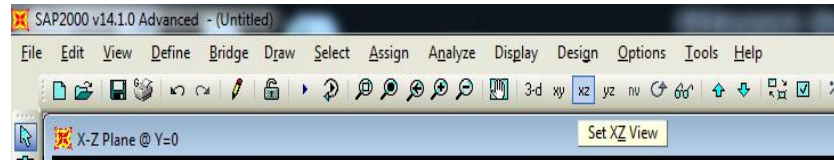
Langkah pertama yang dilakukan adalah memilih model perhitungan yang akan digunakan. Di mana model yang digunakan adalah model *Grid Only*, pilih units satuan dalam satuan KN M C.



Gambar 2.15 Membuat Model Struktur.

Kemudian dilanjutkan dengan mengatur grid penghubung garis atau *frame*. Dimana nilai xz diisi, x untuk arah horizontal dan z untuk arah vertical (y diisi 1 untuk bangunan 2 dimensi). Selanjutnya pilih *Edit grid* untuk mengatur panjang vertical dan horizontal tiap *frame*.

Setelah selesai pilih OK, kemudian set view dalam arah xz yaitu dengan mengklik menu xz pada toolbar.



Gambar 2.16 Memilih Tampilan (Arah Tinjau)

b. Input data perencanaan

- Dimensi kolom
- Dimensi balok
- Mutu beton (f_c')
- Mutu baja (f_y)

Cara memasukkan nilai F_y , F_c dan Modulus Elastisitas :

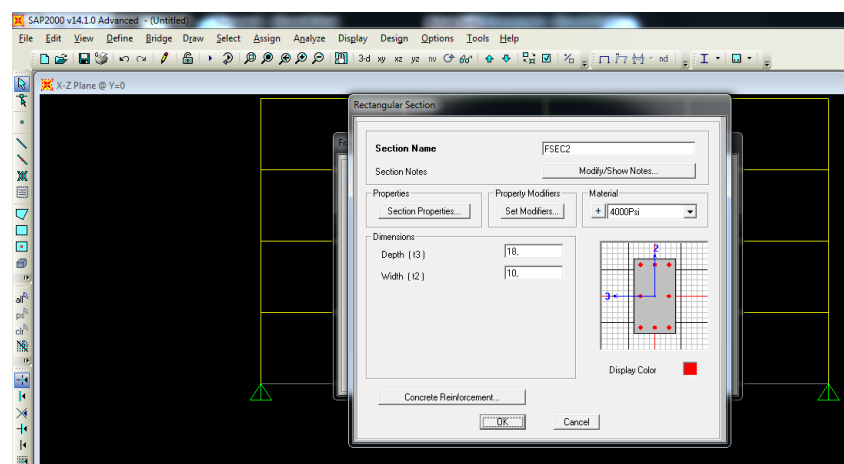
Blok semua frame, lalu pilih menu pada toolbar Define – Material – pilih Con (“concrete”, untuk beton) – klik Modify/Show Material. Seperti gambar dibawah ini :

Gambar 2.17 Memasukkan Nilai F_y , F_c dan Modulus Elastisitas.

Ganti nilai *Weight per unit volume* dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). ubah nilai *Modulus of Elasticity* dengan rumus $4700 \cdot \sqrt{f_c}$, serta ubah juga nilai F_c dan F_y (dalam satuan N/mm) sesuai dengan perencanaan klik OK.

Cara memasukkan nilai dimensi kolom dan balok pada umumnya sama, yaitu :

- Blok frame kolom/balok, lalu pilih menu pada toolbar, *Define – Section Properties - Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil toolbar *Frame Properties*, kemudian pilih *add new properties*, pada kotak *Property type* pilih *concrete* (untuk penampang berbentuk segiempat) muncul toolbar seperti gambar dibawah ini :



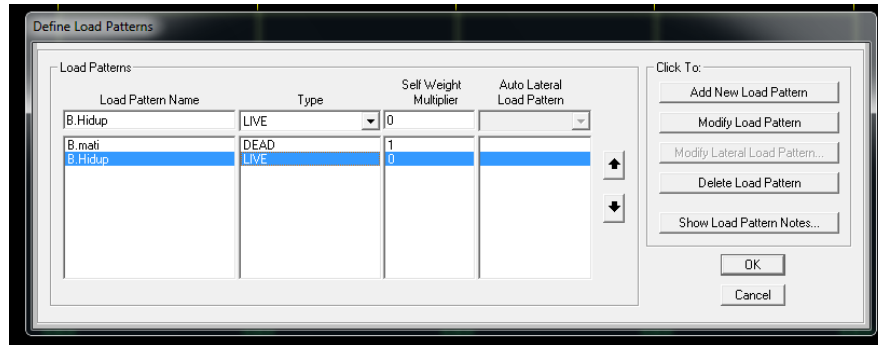
Gambar 2.18 Memasukkan Data Perencanaan.

ganti *section name* dengan nama Balok (untuk balok), Kolom (untuk kolom). ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) Balok /Kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik *Concrete Reinforcement*, klik *Column* (untuk kolom), *Beam* (untuk balok) lalu klik OK.

c. Membuat beban mati dan beban hidup.

Pilih menu pada toolbar, *Define – Load Pattern*– buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0 untuk beban

hidup dan 1 untuk beban mati. Seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini :

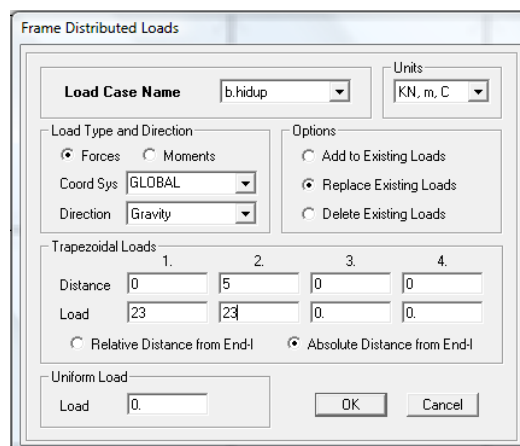


Gambar 2.19 Membuat *Load Pattern* beban mati dan beban hidup.

d. Input nilai beban mati dan beban hidup

- Akibat beban merata

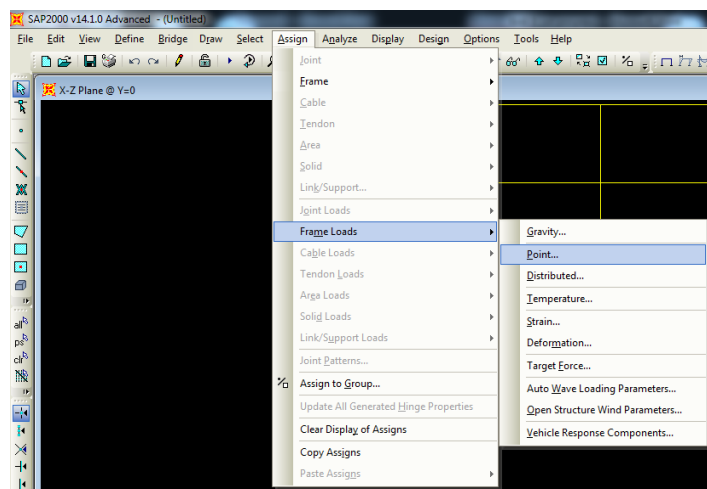
Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load Case Name*– klik *absolute distance from end-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak (*distance*) di titik 1 diisi = 0 dan di titik 2 diisi = panjang frame, serta isi nilai bebannya pada 2 titik tersebut.



Gambar 2.20 Memasukkan Nilai Beban Mati dan Beban Hidup.

- Akibat beban terpusat

Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame Loads* – selanjutnya yang dipilih adalah *Points*.



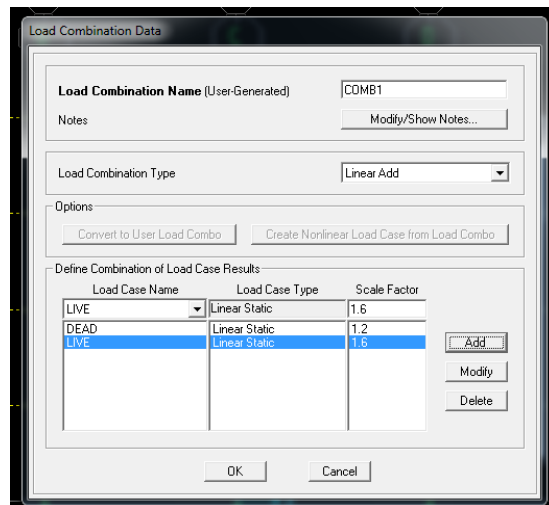
Gambar 2.21 Memasukkan Nilai Beban Terpusat.

Cara memasukkan nilai beban terpusat sama saja halnya seperti memasukkan nilai pada beban merata.

e. Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu

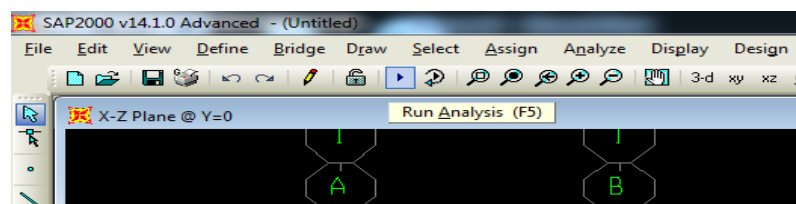
1,2 beban mati + 1,6 beban hidup

blok seluruh frame yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, *Define – Load Combinations – add new combo*, kemudian akan terlihat seperti



Gambar 2.22 Memasukkan Nilai Beban Kombinasi.

- f. Run analisis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.23 Run Analisis.

2.4.5 Perencanaan balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya.

Beberapa jenis balok beton bertulang berdasarkan perencanaan lentur dan berdasarkan tumpuannya.

A. Berdasarkan perencanaan lentur jenis balok dibedakan sebagai berikut :

1. Balok persegi dengan tulangan tunggal

Balok persegi dengan tulangan tunggal merupakan balok yang hanya mempunyai tulangan tarik saja dan dapat mengalami keruntuhan akibat lentur.

2. Balok persegi dengan tulangan rangkap

Apabila besar penampang suatu balok dibatasi, mungkin dapat terjadi keadaan dimana kekuatan tekan beton tidak dapat memikul tekanan yang timbul akibat bekerjanya.

3. Balok “ T ”

Balok “ T “ merupakan balok yang berbentuk huruf T dan bukan berbentuk persegi, sebagian dari pelat akan bekerja sama dengan bagian atas balok untuk memikul tekan.

B. Berdasarkan Tumpuannya, balok dibagi menjadi 2 antara lain:

1. Balok induk

Balok Induk adalah balok yang bertumpu pada kolom. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi. Balok anak direncanakan berdasarkan gaya maksimum yang bekerja pada balok yang berdimensi sama.

Untuk merencanakan balok induk perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1) Menentukan mutu beton yang akan digunakan

2) Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :

- a. Beban mati
- b. Beban hidup
- c. Beban balok

3) Menghitung beban ultimate

- a. Gaya lintang desain balok maksimum, (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo halaman 40) :

$$U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots (2.49)$$

Keterangan : U = gaya geser terfaktor pada penampang

D = beban mati terfaktor per unit luas

L = beban hidup terfaktor per unit luas

- b. Momen desain balok maksimum, (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo halaman 40) :

$$Mu = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} \dots\dots\dots (2.50)$$

Keterangan : Mu = momen terfaktor pada penampang

M_{DL} = momen akibat beban mati

M_{LL} = momen akibat beban mati

4) Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

- a. Penulangan lentur lapangan:

- Tentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset$ sengkang - $\frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama

- $K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow$ didapat nilai ρ dari tabel (2.51)

$$As = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.52)$$

- Pilih tulangan dengan dasar As terpasang $\geq As$ direncanakan

- b. Penulangan lentur pada tumpuan

- $K = \frac{Mu}{\phi \cdot b_{eff} \cdot d^2} \rightarrow$ didapat nilai ρ dari tabel (2.53)

- $As = \rho \cdot b_{eff} \cdot d \dots\dots\dots (2.54)$

- Pilih tulangan dengan dasar As terpasang $\geq As$ direncanakan

Keterangan :

As = Luas tulangan tarik non prategang

ρ = rasio penulangan tarik non prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

5) Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \dots\dots\dots (2.55)$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;113) :

- $V \leq \phi V_c$ (tidak perlu tulangan geser)
- $V_u > \phi V_c$ (perlu tulangan geser)

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;114) :

- $V_u \leq \phi V_n$
- $V_n = V_c + V_s$
- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;122).

$$- S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots (2.56)$$

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s , 2

A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2. Balok anak

Balok anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom. Untuk merencanakan balok anak yaitu

- a. Menentukan mutu beton dan baja yang digunakan
- b. Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :
 - Beban Hidup
 - Beban Mati
 - Beban Sendiri Balok
 - Sumbangan Pelat

c. Menghitung beban *ultimate*

$$W_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l$$

d. Menghitung momen dan gaya geser

e. Menghitung momen lentur maksimum dengan cara :

- Menentukan momen maksimum

- Menentukan d efektif = $h - p - \emptyset$. sengkang - $\frac{1}{2}\emptyset$ tulangan utama
 - Menentukan momen $K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$
 - Menentukan ρ
- f. Perencanaan tulangan geser

2.4.6 Perencanaan kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok dan meneruskannya ke konstruksi pondasi. Adapun urutan-urutan dalam menganalisis kolom :

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi P_u dan M_u . Untuk satu batang kolom dan dua kombinasi pembebanan yaitu pada ujung atas dan ujung bawah pada setiap *freebody*, masing-masing dihitung tulangannya dan diambil yang terbesar.

2. Beban desain kolom maksimum (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;40) :

$$U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots (2.57)$$

3. Momen desain kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;40) :

$$Mu = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} \dots\dots\dots (2.58)$$

4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi (Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma;186) :

$$\beta \cdot d = \frac{1,2 \cdot D}{(1,2 \cdot D + 1,6L)} \dots\dots\dots (2.59)$$

5. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'c} \dots\dots\dots (2.60)$$

$f'c$ = kuat tekan beton

6. Nilai kekakuan kolom dan balok (Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma;186)

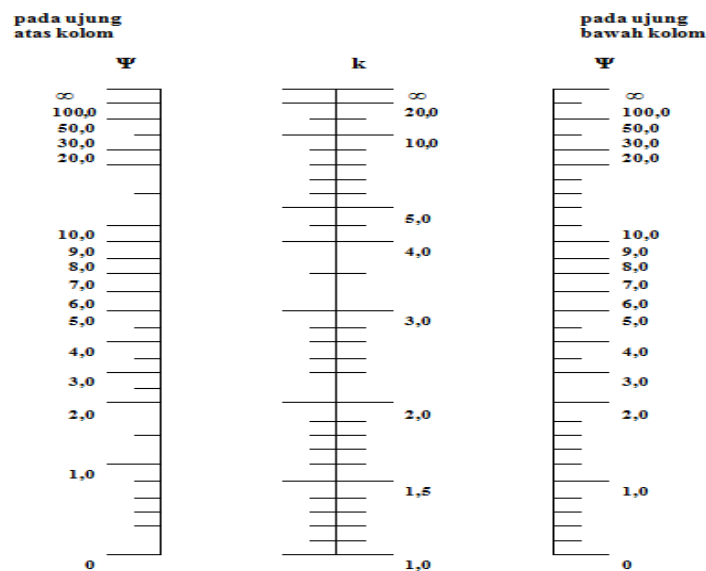
$$I_k = 1/12 b h^3$$

$$I_b = 1/12 b h^3$$

$$E.I_K = \frac{E_C \cdot I_g}{2,5(1 + \beta \cdot d)} \quad \rightarrow \text{untuk kolom} \dots\dots\dots (2.61)$$

$$E.I_b = \frac{E_C \cdot I_g}{5(1 + \beta \cdot d)} \quad \rightarrow \text{untuk balok} \dots\dots\dots (2.62)$$

7. Faktor panjang efektif kolom



Gambar 2.24 Diagram nomogram untuk menentukan tekuk dari kolom

8. Nilai eksentrisitas (W.C Vis dan Gideon Kusum; 302) :

$$e = \frac{M_U}{P_U} \dots\dots\dots (2.63)$$

9. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b (W.C Vis dan Gideon Kusum; 188) :

$$\varphi = \frac{\left(\frac{E.I_K}{I.I_K} \right)}{\left(\frac{E.I_b}{E.I_b} \right)} \dots\dots\dots (2.64)$$

10. Angka kelangsingan kolom (Istimawan Dipohusodo; 331) :

Kolom langsing dengan ketentuan :

- rangka tanpa pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} < 22$

- rangka dengan pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$

Menurut SNI 03-2847-2002, 78 ayat 12.10.1 butir 5 :

- untuk semua komponen struktur tekan dengan $\frac{Klu}{r} > 100$ harus digunakan analisa pada Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung

- apabila $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$ atau $\frac{Klu}{r} > 22$ maka perencanaan harus menggunakan metode pembesaran momen.

11. Perbesaran momen (Istimawan Dipohusodo; 335 dan 336) :

$$Mc = \delta_b x M_{2b} + \delta_s x M_{2s} \dots\dots\dots (2.65)$$

$$\delta_b = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{\phi Pc}} \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.66)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{\phi \sum Pc}} \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.67)$$

$$Cm = 0,6 + 0,4x \frac{M_{1B}}{M_{2B}} \geq 0,4 \quad \rightarrow \text{kolom dengan pengaku}$$

$$Cm = 1,0 \quad \rightarrow \text{kolom tanpa pengaku}$$

12. Desain penulangan (Istimawan Dipohusodo; 325) :

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$\rho = \rho' = \frac{As}{bxd} \quad \rightarrow As = As' \dots\dots\dots (2.68)$$

13. Tentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{As_{pakai}}{bxd} \dots\dots\dots (2.69)$$

14. Memeriksa Pu terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

$$Cb = \frac{600d}{600 + f_y} \dots\dots\dots (2.70)$$

$$a_b = \beta_1 x Cb \dots\dots\dots (2.71)$$

$$f_s' = \left(\frac{Cb - d}{Cb} \right) x 0,003 \dots\dots\dots (2.72)$$

$$f_s' = f_y$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 x f_c' x a_b x b + A_s' x f_s' - A_s x f_y)$$

(Istimawan Dipohusodo; 324)

$\phi P_n = P_u \rightarrow$ beton belum hancur pada daerah tarik

$\phi P_n < P_u \rightarrow$ beton hancur pada daerah tarik

15. Memeriksa kekuatan penampang

a. Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \left[\left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - d')}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}} \right] \dots\dots\dots (2.73)$$

b. Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left(\frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18} \dots\dots\dots (2.74)$$

Keterangan :

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

A_s = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai

A_s' = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai

D = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

b = lebar daerah tekan komponen struktur

h = diameter penampang

f_c = mutu beton

f_y = mutu baja

e = eksentrisitas

2.4.7 Perencanaan sloof

Sloof adalah balok yang menghubungkan pondasi sebagai tempat untuk menyalurkan beban dinding. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan dan perhitungan sloof :

1. Penentuan dimensi sloof
2. Penentuan pembebanan pada sloof
 - a. Berat sendiri sloof
 - b. Berat dinding
 - c. Berat plesteran

Kemudian semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, lalu dikalikan faktor untuk beban terfaktor.

$$U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots (2.75)$$

Keterangan :

U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

D = beban mati

L = beban hidup

3. Perhitungan momen (menggunakan program SAP 2000 V14)
4. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

- Tentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan}$

- $K = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} \rightarrow$ didapat nilai ρ dari tabel

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

- Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

Apabila $M_R < M_u$, balok akan berperilaku sebagai balok T murni.

Penulangan lentur pada tumpuan

- $K = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} \rightarrow$ didapat nilai ρ dari tabel

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

- Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik non prategang

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

5. Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;113) :

- $V \leq \phi V_c$ (tidak perlu tulangan geser)

- $V_u > \phi V_c$ (perlu tulangan geser)

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;114) :

- $V_u \leq \phi V_n$

- $V_n = V_c + V_s$

- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;122).

$$S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s , 2 A_s

dimana A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2.4.8 Perencanaan pondasi

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah.

Fungsi pondasi antara lain sebagai berikut:

1. Untuk menyebarkan atau menyalurkan beban bangunan ke tanah
2. Mencegah terjadinya penurunan pada bangunan yang berlebihan
3. Memberikan kestabilan pada bangunan di atasnya.

Berdasarkan kedalaman pondasi ada dua macam:

a. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang digunakan pada kedalaman 0.8 - 2 meter, karena daya dukung tanah telah mencukupi.

b. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang kedalamannya lebih dari 2 meter dan biasa digunakan pada bangunan-bangunan bertingkat atau untuk bangunan cukup berat sementara tanah yang keras yang mampu mendukung beban terletak cukup dalam harus menggunakan pondasi tiang.

Pada proyek ini pondasi yang dipakai adalah pondasi dangkal jenis pondasi telapak

Langkah-langkah perhitungan pondasi telapak :

1. Hitung pembebanan

beban design pondasi, $P = P_D + P_L$

berat sendiri pondasi

2. Hitung momen design pondasi

$M = M_D + M_L$

3. Tentukan tebal pondasi telapak

$h \geq 150$ mm untuk pondasi di atas tanah, atau

$h \geq 300$ mm untuk pondasi di atas ring

4. Tentukan d

$$d = h - p - \frac{1}{2}\phi \text{ tul (Istimawan hal. 349)}$$

5. Tentukan daya dukung ijin

$$q_a = \frac{q_c}{40}$$

$$q_{ijin} = q_a - \text{berat sendiri pondasi} - \text{berat tanah urugan}$$

(Pondasi hal. 136)

6. Cari dimensi tapak dengan menggunakan beban bekerja

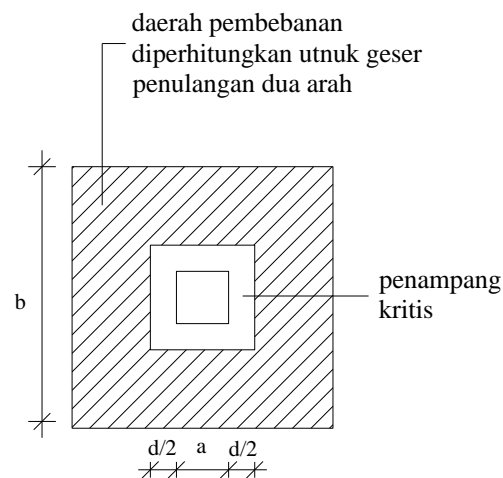
$$\frac{P}{A} \pm \frac{M_x}{W_y} \pm \frac{M_y}{W_x} \leq q_{ijin}$$

7. Kontrol kekuatan geser

- a. untuk aksi 2 arah

$$V_c = \frac{1}{12} \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \sqrt{f'c'} \cdot B_0 \cdot d \longrightarrow \beta_c = \frac{B_x}{B_y} = \frac{1,8}{1,8} = 1$$

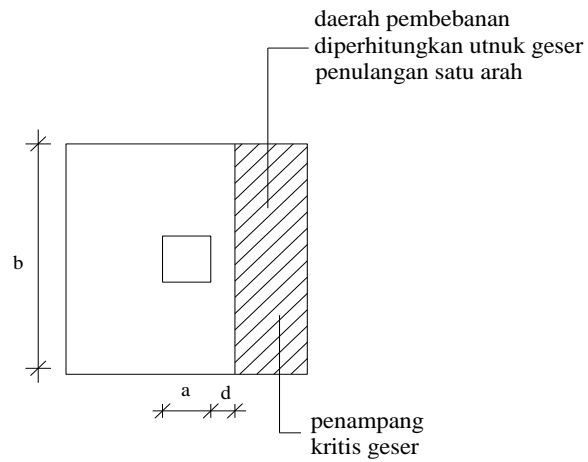
(SNI Beton 2002, Fondasi tapak)



Gambar 2.25 Aksi 2 arah pondasi

- b. untuk aksi 1 arah

$$V_c = \frac{1}{3} B_w \cdot d \cdot \sqrt{f'c'} \quad (\text{SNI Beton 2002, Fondasi tapak})$$



Gambar 2.26 Pondasi tampak atas

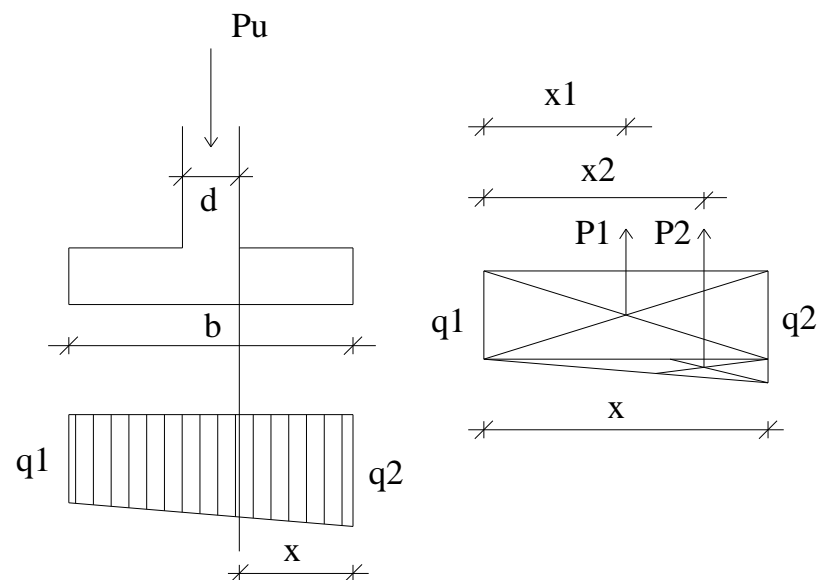
(Istimawan hal. 358)

8. Hitung penulangan dengan menggunakan beban ultimate

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L$$

$$M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$q_{12} = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_x}{W_y} \pm \frac{M_y}{W_x}$$



Gambar 2.27 Pondasi dengan beban ultimate

9. Pilih tulangan dengan $A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ yang direncanakan}$.

2.5 Manajemen Proyek

a. Rencana kerja dan syarat-syarat

Rencana kerja dan syarat syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya.

b. Daftar harga satuan pekerjaan bahan dan upah pekerja

Daftar harga satuan pekerjaan adalah daftar harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dari pasaran, dikumpulkan dalam suatu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Sedangkan upah tenaga kerja yang didapat dari lokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

c. Volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada, dan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

d. Analisa harga satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari harga satuan ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

e. Rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah disebabkan karena perbedaan harga bahan upah tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB itu sendiri adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besarnya biaya.

f. *Network planning* (NWP)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP adalah suatu cara pengendalian pekerjaan lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan. Proyek konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya adalah menyelaraskan antara biaya proyek yang optimal mutu pekerjaan yang baik/berkualitas, dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi yaitu biaya, mutu dan waktu.

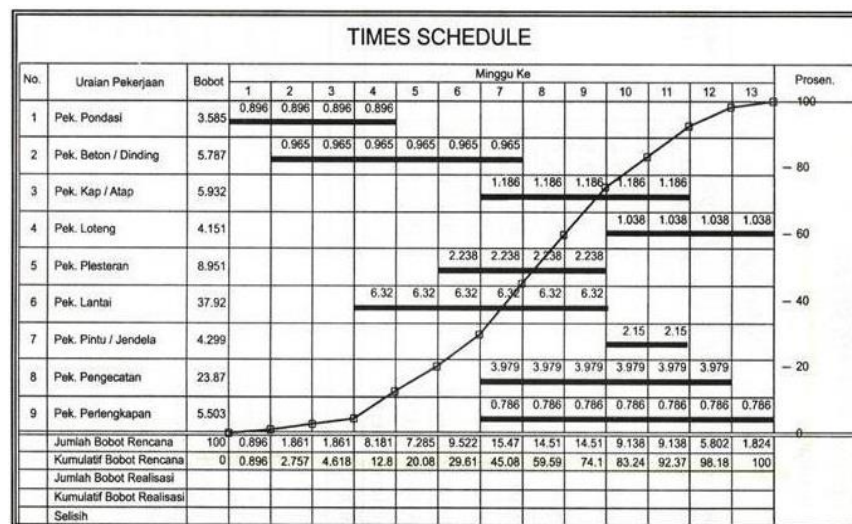
Ilustrasi dari 3 *circles* diagram diatas adalah Jika biaya proyek berkurang (atau dikurangi) sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang → secara umum proyek rugi. Jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang → secara umum proyek rugi. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja → secara umum proyek juga rugi.

Inti dari 3 komponen proyek konstruksi tersebut adalah bagaimana menjadwal dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai

dengan *schedule* yang telah ditetapkan, selesai tepat pada waktunya, sehingga tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan atau penambahan anggaran belanja.

g. Barchart dan kurva S

Barchart menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan. Sedangkan kurva “S” adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progres pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva “S” dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapatkan dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran.



Gambar 2.28 Barchart dan Kurva S